

ارتقاء مقاومت تخمین حرکت در برابر نویز و اختلالات شدت روشنایی در دنباله تصاویر دیجیتال

همایون مهدوی نسب

گروه برق - دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

خلاصه: تخمین و جبران حرکت از مراحل اساسی استانداردهای کدگذاری ترکیبی ویدئوی دیجیتال هستند. روش تطبیق بلوک به دلیل سادگی ساختار، روش غالب در تخمین حرکت در فن آوری ویدئوی دیجیتال است. از آغاز دهه نود میلادی روش تخمین حرکت مبتنی بر مش به دلیل به کارگیری مدل‌های حرکت کامل تر و عدم بروز ضایعات بلوکی در آن، مورد توجه محققین قرار گرفته است. با وجود برتری کیفی روش مبتنی بر مش، بخصوص در نرخ بیت‌های کم و با موضوعهای دارای انعطاف، این روش دارای مشکلات اساسی چون انتشار خطا و افت کیفیت در شرایط نویزی و با تغییرات روشنایی است. در این مقاله جهت ارتقاء عملکرد روش تخمین مبتنی بر مش از نظر مقاومت در برابر نویز و اختلال روشنایی، استفاده از درونیابی افقی بردارهای حرکت پیشنهاد شده است. شبیه‌سازی‌های انجام شده نشان می‌دهند که راهکار پیشنهاد شده نه تنها منجر به بهبود مقاومت تخمین حرکت مبتنی بر مش می‌گردد، بلکه در مقایسه با روش تطبیق بلوک نیز از مقاومت بیشتری برخوردار است.

کلمات کلیدی: تخمین حرکت، مش، تطبیق بلوک، درونیابی، اختلالات روشنایی.

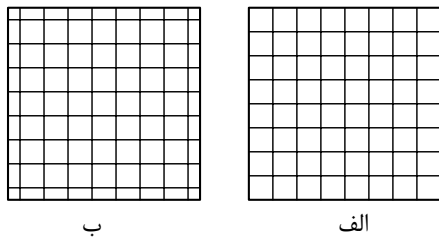
۱ - مقدمه

در سالهای اخیر فن آوری انتقال و ذخیره سازی ویدئوی دیجیتال نقش روزافزونی را در صنایع رایانه و مخابرات به عهده گرفته و از سرعت پیشرفت و توسعه قابل توجهی برخوردار بوده است. در روش کدگذاری ویدئوی مرکب^(۱) (HVC)، که روش مورد استفاده در استانداردهای مدرن این فن آوری است، تخمین حرکت^(۲) (ME) از نقشی اساسی برخوردار است [۴، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴]. در فرآیند تخمین حرکت، مجموعه بردارهای جابجایی یا حرکت (میدان حرکت)، بین تصویر حاضر و تصویر مرجع (معمولا تصویر قبلی)، محاسبه می‌گردد. میدان حرکت به همراه خطای حاصل از تخمین تصویر بعدی، براساس تصویر مرجع و میدان حرکت، تنها اطلاعاتی هستند که در HVC به گیرنده ارسال می‌شوند. روش تطبیق بلوک^(۳) (BMA) به دلیل سادگی ساختار پرکاربردترین روش تخمین حرکت و مورد استفاده در عموم استانداردهای نوین HVC، مانند H.263، MPEG-1,2,4 و H264/AVC است [۹، ۱۴]. در این روش مشابه‌ترین بلوک (معمولا

در تصویر مرجع محل‌یابی شده و بردار جابجایی آن به عنوان بردار حرکت کلیه پیکسل‌های درون آن بلوک تعیین می‌گردد. در روش جدیدتر مبتنی بر مش^(۴) (MME)، پس از محاسبه بردارهای حرکت گره‌های مش، بردارهای حرکت پیکسل‌های درون هر المان مش (معمولا مربعی یا مثلثی) با استفاده از یک تابع درونیابی محاسبه می‌گردند. الگوی درونیابی برای مش‌های با المانهای مربعی تابع دوخطی^(۵) و برای المانهای مثلثی affine است. بردارهای حرکت گره-های مش با استفاده از یک روش تکرار محاسبه خطای تخمین برای بردارهای حرکت فرضی در یک حوزه مشخص تعیین می‌شوند [۲، ۷، ۱۱، ۱۲]. شکل (۱) روشهای BMA و MME را با یکدیگر مقایسه کرده است.

روش تخمین مبتنی بر مش به دلیل استفاده از مدل‌های حرکت کامل‌تر و پیوستگی بردارهای حرکت از نتایج بهتری برخوردار است. این امر بخصوص در نرخ بیت‌های پایین تر و موضوعهای با انعطاف بیشتر صادق است.

شکل (۲) نشان داده شده است. گره‌های مرزی مش دارای دقت مناسب جهت تعیین حرکت نیستند و گره‌های داخلی مش متداول فاصله زیادی تا مرزهای تصویر دارند. در مش پیشنهادی گره‌های داخلی به مرزهای تصویر نزدیک‌ترند و پوشش بهتری به کل صفحه تصویر می‌دهند. از گره‌های مرزی جهت تخمین استفاده نمی‌شود و گره‌های داخلی نقاط مرکزی بلوکها در روش متناظر تطبیق بلوک هستند. به این ترتیب تعداد بردارهای حرکت ارسالی به گیرنده برابر روش تطبیق بلوک متناظر بوده و نرخ بیت میدان حرکت دو روش یکسان است. این امر مقایسه دو روش را امکان‌پذیر می‌سازد.



شکل (۲): مش منتظم مربعی (الف) متداول، (ب) پیشنهادی

ب - الگوهای درونیابی

الگوهای درونیابی دوخطی و affine تغییرات پیوسته یکنواختی را در میدان حرکت المان، مستقل از مشخصات حرکتی خاص آن، به وجود می‌آورند که می‌تواند موجب انتشار خطا و یا مانع از نمایش گسستگی حرکت، در صورت وجود آن، شود. روشن است که هر چه ابعاد المانها بزرگ‌تر باشند، یعنی در نرخ بیت‌های کمتر، اشکالات مزبور آشکارتر بوده و تأثیر منفی بیشتری بر روی کیفیت تخمین و جبران حرکت خواهند داشت. در اینجا چند الگوی درونیابی غیرخطی که در الگوریتم‌های وقتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، معرفی می‌شوند. این الگوها را شبه خطی یا متوسط^(۷) (MED)، شبه تطبیق بلوکی^(۸) (NBM) و تطبیق بلوکی^(۹) (BM) می‌نامیم. با توجه به شکل ۳ بردار حرکت پیکسل S درون یک المان مش مربعی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

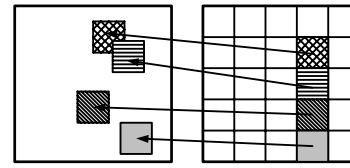
$$d(s) = \sum_{i,j=1}^2 h_{k,i,j}(s) \cdot d_{i,j} \quad (1)$$

که در آن $h_{k,i,j}$ هسته‌های درونیابی دوبعدی و $d_{i,j}$ بردارهای حرکت گره‌های مش هستند. هسته‌های درونیابی غیرخطی فوق‌الذکر براساس تابع سیگموئید تغییر یافته^(۱۰) که در رابطه (۲) تعریف شده است به دست می‌آیند.

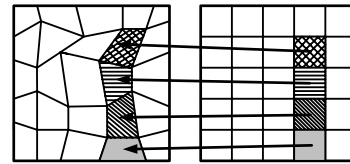
$$h_k(x) = \frac{1}{1 + \exp[k(x-0.5)]} \cdot \left(1 + \frac{0.1}{(k-5)^2} - \frac{0.2x}{(k-5)^2}\right) \quad (2)$$

$x \in (0,1), k \geq 6, h_k(0) = 1; h_k(1) = 0$

این توابع در شکل (۴) برای k های برابر ۱۰، ۲۰، و ۲۰۰ در مقایسه با هسته درونیابی خطی نشان داده شده‌اند [۶].



الف



ب

شکل (۱): مقایسه مثالی روشهای تخمین حرکت (الف) تطبیق بلوک و (ب) مبتنی بر مش

اما این روش دارای پیچیدگی و حجم محاسباتی بسیار بالاتری بوده [۸] و از پدیده انتشار خطا رنج می‌برد. زیرا درونیابی مورد استفاده برای محاسبه بردارهای حرکت، خطای احتمالی موجود در محاسبه بردارهای حرکت گره‌های مش را به سایر پیکسل‌ها سرایت می‌دهد. بنابراین استفاده از این روش در دنباله‌های تصویر دارای نویز یا با تغییرات و اختلالات شدید روشنایی از کیفیت عملکرد آن به شدت می‌کاهد.

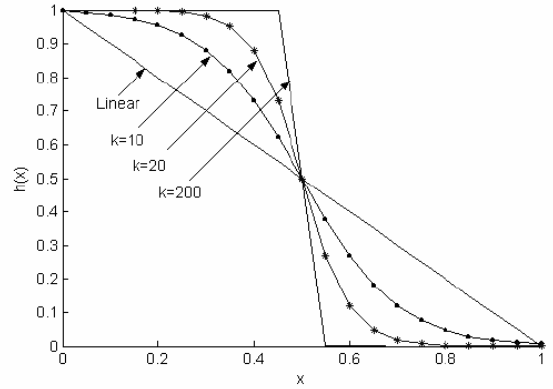
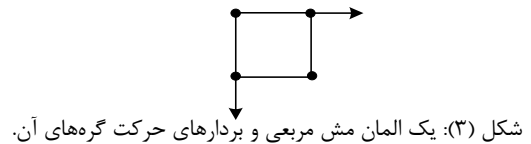
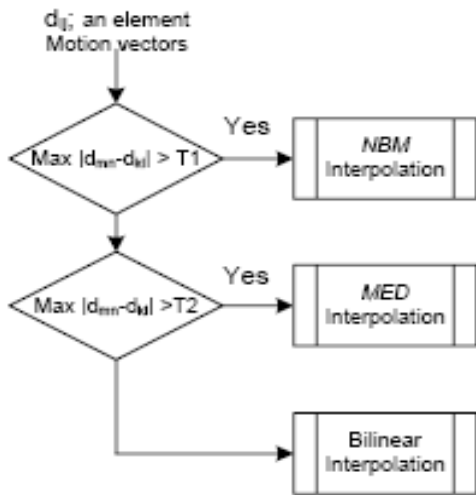
جهت کاهش حجم محاسبات مورد نیاز MME می‌توان از مرحله تکرار در الگوریتم آن صرف نظر کرد (روش MME). سریع یا (FMME). اما این امر از کیفیت تخمین روش مذکور می‌کاهد و در مواردی آن را از روش BMA نیز نازل‌تر می‌کند [۸]. برای جلوگیری از افت کیفیت در این حالت وقتی سازی توابع درونیابی پیشنهاد شده است [۱، ۷]. در تحقیق حاضر یک روش مؤثر FMME با درونیابی وقتی جهت مقاومت در برابر نویز و تغییرات شدت روشنایی بهینه‌سازی شده و کیفیت عملکرد آن در مقایسه با روشهای متداول مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- روش پیشنهادی تخمین حرکت مبتنی بر مش وقتی

روش پیشنهاد شده در اینجا یک روش مبتنی بر مش سریع با درونیابی وقتی حرکتی است [۵، ۶] که جهت افزایش کارایی FMME ارائه شده است. در راستای اهداف تحقیق حاضر بایستی توابع درونیابی الگوریتم تعیین و با تنظیم مناسب پارامترهای آن بهینه سازی شوند. این امر عمدتاً براساس سعی و خطا و با استفاده از چندین دنباله تصویر استاندارد انجام شده است. ذیلاً به شرح جزئیات الگوریتم پیشنهادی، که در اینجا DAMME^(۶) نامیده شده است، می‌پردازیم.

الف - مش پیشنهادی

مش پیشنهادی در مقایسه با مش مربعی منتظم متداول در MME در



شکل (۴): الگوهای درونیابی پیشنهادی به صورت یک بعدی

شکل (۵): نحوه انتخاب الگوی درونیابی در روش پیشنهادی (DAMME)

الگوریتم فوق‌الذکر بر اساس توجه به نکات زیر طراحی شده است: چنانچه قبلاً اشاره شد، الگوی درونیابی خطی در شرایطی مانند وجود خطا و یا گسستگی در میدان حرکت الگوی مناسبی جهت تعیین بردارهای حرکت نقاط درون المانهای مش نیست. از طرفی تلاش برای یافتن یک الگوی درونیابی ثابت و منحصر به فرد برای تمامی هر دنباله تصویر، چنانچه در [۸] صورت گرفته است، با توجه به تغییر مشخصه‌های حرکتی دنباله در طول زمان و همچنین در یک فریم خاص در طول مکان (شرایط حرکتی گوناگون برای المانهای متفاوت مش)، نمی‌تواند کارایی لازم را داشته باشد. این الگوی درونیابی منحصر به فرد مسلماً تنها در مفهوم میانگین می‌تواند بهینه باشد و نه به طور محلی برای یک فریم خاص و یا در هر المان. از طرف دیگر تعیین الگوهای درونیابی متفاوت برای المانهای گوناگون براساس آزمایش چندین الگوی مشخص، چنانچه در [۱] از میان ۳۲ الگو انجام شده، بار محاسباتی بسیار سنگینی را به سیستم تحمیل می‌کند.

جهت انتخاب الگوی درونیابی مناسب برای هر المان شبکه، ما بررسی بردارهای حرکت تعیین شده برای رئوس آن را پیشنهاد می‌کنیم. در این صورت، از آنجا که در روش MME بردارهای حرکت گره‌های مش، به عنوان میدان حرکت دنباله تصویر به کدگشا ارسال می‌شوند، نیازی به نرخ بیت اضافه‌ای جهت مشخص کردن الگوهای درونیابی وجود نخواهد داشت. به علاوه با اتخاذ این روش، درونیابی میدان حرکت المان و جبران حرکت آن، جهت مقایسه عملکرد الگوهای گوناگون، انجام نشده و به این ترتیب بار محاسباتی سنگینی نیز به سیستم تحمیل نمی‌شود.

تفاوت زیاد بین اندازه‌های بردارهای حرکت گره‌های یک المان مش به احتمال زیاد از وجود گسستگی واقعی در میدان حرکت درون آن المان (اشیاء با حرکت‌های متفاوت) و یا وجود خطا در تخمین حرکت یکی از گره‌های آن ناشی می‌شود. استفاده از راهکار پیشنهاد شده در اینجا، توانایی روش MME را در نمایش حرکت‌های متفاوت اشیاء مجاور یکدیگر و همچنین محدود کردن حوزه انتشار خطای احتمالی افزایش

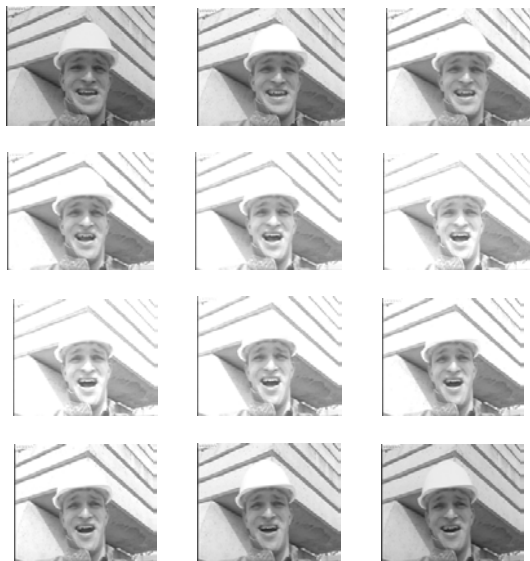
بنا به تعریف، هسته‌های درونیابی MED، NBM و BM عبارتند از $h_k(x, y)$ (فرم دو بعدی تابع ۲) که مقدار k در آن به ترتیب برابر است با ۱۰، ۲۰ و ۲۰۰. می‌توان گفت که الگوی درونیابی MED نسبت به الگوی خطی از چسبندگی بیشتری به گره نزدیک‌تر برخوردار است. در موارد NBM و BM این چسبندگی همچنان افزایش می‌یابد. در مقابل، نقاط دورتر از آزادی بیشتری در تعیین بردار حرکت خود، نسبت به گره مش مورد نظر، برخوردار خواهند بود. روشن است که استفاده از الگوی درونیابی BM در روش MME به جای الگوی دوخطی، آن را به BMA تبدیل خواهد کرد. به عبارت دیگر، در صورت استفاده از الگوهای فوق‌الذکر، BMA را می‌توان یک حالت خاص از MME در نظر گرفت و به‌کارگیری الگوهایی نظیر MED و NBM روشهایی از تخمین حرکت بینابین روش معمول MME (با الگوی درونیابی دوخطی) و BMA را ایجاد می‌کنند.

ج - الگوریتم پیشنهادی: DAMME

روش پیشنهادی یک روش FMME است که الگوی درونیابی مورد استفاده در آن برخلاف متداول ثابت نبوده و بر اساس اختلاف بین بردارهای حرکت گره‌های هر المان مش آن تغییر می‌کند. نحوه انتخاب الگوی درونیابی در این روش در بلوک دیاگرام شکل (۵) نشان داده شده است [۶]. انتخاب مناسب پارامترهای روش، یعنی مقادیر آستانه $T1$ و $T2$ می‌تواند آن را جهت اهداف مورد نظر بهینه سازد.

شکل‌های (۸) و (۹) و جدول‌های (۱) و (۲) کیفیت تخمین حرکت روش‌های BMA، FMME و DAMME را (براساس PSNR) برای دنباله بازسازی شده Foreman و Carphone و دنباله‌های زیرآبی مذکور نشان می‌دهند. چنانچه مشاهده می‌شود، روش پیشنهاد شده در این مقاله، DAMME، در همه موارد بهترین نتایج را تولید نموده و قادر به جبران بهتر اختلالات مذکور می‌باشد. برتری این روش در مقایسه با روش متداول مبتنی بر مش در دنباله Carphone بطور متوسط در حدود ۰/۷ دسیبل و در مواردی بیش از یک دسیبل بوده است [شکل (۱۰)].

بخصوص در مورد پدیده شایع نویز دریافت تصاویر، که در تصاویر زیرآبی شکل ۸ به خوبی نمایان است، روش FMME دچار افت کیفیت قابل توجهی می‌گردد. این امر را می‌توان نمونه قابل توجهی از پدیده انتشار خطا در این روش دانست که عمدتاً از به کارگیری درونبایی دوخطی در آن ناشی می‌شود. کیفیت حاصل از این روش در شرایط نویزی مورد آزمایش، در حدود ۰/۵ و ۰/۷ دسیبل در دنباله خرچنگ (به ترتیب با بلوکهای ۱۶×۱۶ و ۸×۸) در مقایسه با روش BMA نازلتر بوده است. این مقدار در دنباله اشیاء با بلوکهای ۸×۸ به ۰/۹ دسیبل می‌رسد. درحالی که در روش DAMME، با تغییر الگوی درونبایی در شرایطی که احتمال وجود خطا در تخمین حرکت گره‌ها قابل توجه است، از انتشار خطای حاصل از وجود نویز در تصاویر دنباله جلوگیری شده، و به این ترتیب این اشکال اساسی روش FMME جبران می‌گردد. نتایج حاصل از به کارگیری روش DAMME تحت شرایط مذکور، نه تنها برتر از روش غیروفاقی مبتنی بر مش بلکه برتر از روش تطبیق بلوکی نیز هست. این برتری در مواردی (دنباله اشیاء) در حدود ۰/۱ دسیبل است [جدول‌های (۱) و (۲)].



شکل (۶): دنباله تصویر ایجاد شده از فریمهای ۲۰ الی ۳۱ (به ترتیب از بالا سمت چپ به پایین سمت راست) دنباله Foreman با تغییر ناگهانی اعمال شده در شدت روشنایی

خواهد داد. یک ایده اساسی دیگر در این روش افزایش سازگاری روش MME با BMA، به عنوان تخمین‌زن حرکت گره‌های آن است. به کارگیری مش شکل ۲، همراه با الگوهای درونبایی غیرخطی تر و تقریباً آستانه‌ای، در جهت تحقق این امر عمل می‌کنند.

۳- شبیه سازی و نتایج تجربی

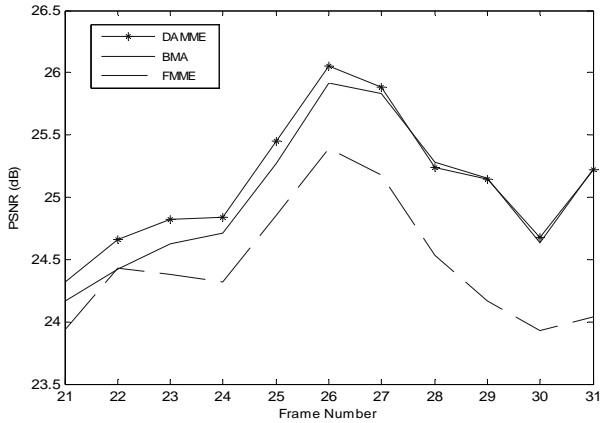
از عوامل اساسی افت کیفیت تخمین و جبران حرکت تغییرات معمولاً ناگهانی و غیرقابل پیش‌بینی شدت روشنایی است. این تغییرات را به دو صورت می‌توان در نظر گرفت. تغییر ناگهانی شدت روشنایی در اثر اضافه یا کم شدن منابع روشنایی در تعدادی از تصاویر دنباله و یا تغییر ناهمگون شدت روشنایی در نواحی معمولاً کوچک و متغیر هر یک از تصاویر یک دنباله. نوع اول را می‌توان اختلال (منبع) روشنایی و نوع دوم را نویز دریافت تصاویر نامید. در نوع اول تغییر شدت روشنایی برای همه پیکسل‌های هر فریم تقریباً به طور یکنواخت صورت گرفته و می‌تواند به وسیله رابطه (۳) مدل گردد:

$$I_{n+1}(x) = \alpha \cdot I_n(x) + \beta \quad (3)$$

که در آن α و β به ترتیب ضرائب عوامل کنتراست و شدت نور هستند. اما نوع دوم به وسیله موانع متغیر و غیر قابل پیش‌بینی در برابر موضوعهای اصلی دنباله‌های تصویری به وجود می‌آید. دنباله‌های تصویری با موضوعهای قرار گرفته در شرایط بارش برف و باران، و بخصوص دنباله‌های با موضوعهای زیر آبی را می‌توان نمونه‌های خوبی از این حالت (نویز دریافت) در نظر گرفت.

بنابر آزمایشهای انجام شده بر روی چندین دنباله تصویر استاندارد، بخصوص با محتوای چهره و سر و شانه، انتخاب مقادیر پارامترهای T1 و T2 بترتیب برابر ۵ و ۲ برای بلوکهای ۱۶×۱۶ و ۴ و ۲ برای بلوکهای ۸×۸ نتایج مطلوبی را برای الگوریتم پیشنهادی به وجود می‌آورد. با استفاده از مقادیر فوق الگوریتم DAMME نه تنها در شرایط معمول کیفیت تخمین برتری (اعم از بصری و PSNR) نسبت روش متداول FMME دارد، بلکه نسبت به اختلالات روشنایی نیز مقاومت مناسبی نشان می‌دهد. در اینجا، با توجه به موضوع این مقاله و محدودیت آن، صرفاً نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده بر روی چند دنباله نمونه، جهت نمایش مقاومت روش پیشنهادی ارائه می‌شوند.

برای بررسی تأثیر اختلالات مذکور بر روی روشهای تخمین حرکت مطرح در این مقاله، در نوع اول از تغییر مصنوعی سریع شدت روشنایی در دنباله‌های استاندارد Foreman و Carphone، به عنوان دو نمونه مناسب استفاده کرده‌ایم. این امر با افزایش شدت روشنایی فریمهای ۲۰ تا ۲۵ این دنباله براساس رابطه (۳) با در نظر گرفتن مقادیر α و β به ترتیب برابر ۱/۰۵ و ۱۰، و سپس کاهش آن به طور معکوس در فریمهای ۲۶ تا ۳۱ انجام شده است. شکل‌های (۶) و (۷) نتایج حاصل را نشان می‌دهند. جهت بررسی اختلال نوع دوم از دنباله‌های زیرآبی خرچنگ و اشیاء [۳]، هر کدام با دو فریم، استفاده شده است. شکل (۷) این دنباله‌ها را نشان می‌دهد.



شکل (۱۰): کیفیت جبران حرکت در دنباله شکل ۷ با استفاده از روشهای DAMME و FMME، BMA، با بلوکهای ۱۶×۱۶

جدول (۱): کیفیت روشهای مختلف تخمین حرکت برای دو دنباله تصویر زیرآبی با نویز دریافت تصویر قابل توجه براساس PSNR، با بلوکهای ۱۶×۱۶

روش دنباله	BMA	FMME	DAMME
خرچنگ	۱۸/۰۷	۱۷/۵۲	۱۸/۰۹
اشیاء	۲۹/۸۹	۲۹/۷۷	۳۰/۰۵

جدول (۲): کیفیت روشهای مختلف تخمین حرکت برای دو دنباله تصویر زیرآبی با نویز دریافت تصویر قابل توجه براساس PSNR، با بلوکهای ۸×۸

روش دنباله	BMA	FMME	DAMME
خرچنگ	۱۹/۰۷	۱۸/۳۹	۱۹/۰۸
اشیاء	۳۱/۳۴	۳۰/۴۵	۳۱/۴۲

۴- نتیجه گیری

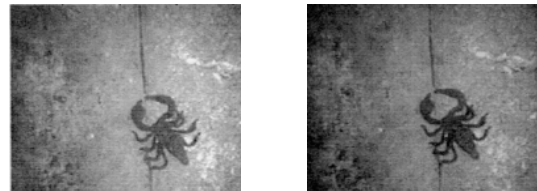
بنابر نتایج و تحلیل ارائه شده می توان روش پیشنهادی DAMME را یک روش تخمین مبتنی بر مش مقاوم در برابر اختلالات دریافت تصاویر (اعم از تغییرات همگون یا ناهمگون شدت روشنایی) دانست. از آنجا که این روش یک روش مبتنی بر مش سریع می باشد، از سایر مزایای روشهای مبتنی بر مش در مقایسه با روشهای تطبیق بلوک نیز برخوردار است. به علاوه، با توجه به سادگی روش پیشنهادی و سازگاری آن با روش تطبیق بلوک می توان آن را به سادگی جایگزین روش مذکور در استانداردهای مطرح امروزی نمود.

پی نوشت:

- (1) Hybrid video coding
- (2) Motion estimation
- (3) Block matching algorithm
- (4) Mesh-based motion estimation
- (5) Bilinear
- (6) Difference adaptive mesh-based motion estimation
- (7) Medium (MED)
- (8) Near block-matching (NBM)
- (9) Block matching (BM)
- (10) Modified sigmoid

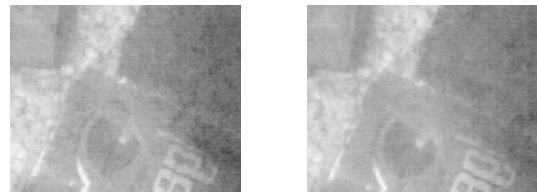


شکل (۷): دنباله تصویر ایجاد شده از فریمهای ۲۰ الی ۳۱ (به ترتیب از بالا سمت چپ به پایین سمت راست) دنباله Carphone با تغییر ناگهانی اعمال شده در شدت روشنایی



ب

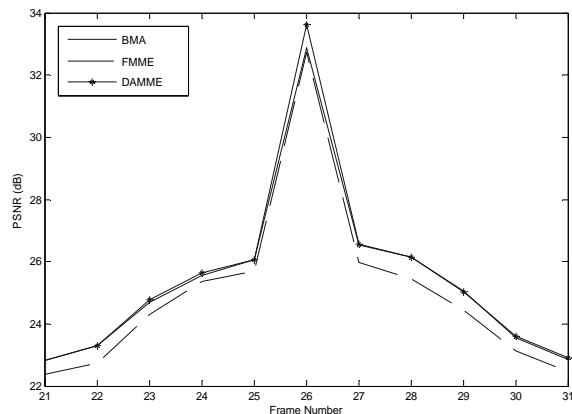
الف



ب

الف

شکل (۸): دو فریم متوالی از تصاویر زیر آبی، الف و ب دنباله خرچنگ، و الف و ب دنباله اشیاء.



شکل (۹): کیفیت جبران حرکت در دنباله شکل (۶) با استفاده از روشهای DAMME و FMME، BMA، با بلوکهای ۱۶×۱۶

مراجع

- [1] Hsu P., Liu K.J.R and Chen T., "A Low Bit-Rate Video Codec based on Two-Dimensional Mesh Motion Compensation with Adaptive Interpolation", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 11, pp. 111-117, Jan. 2001.
- [2] Huang C.L. and Hsu C.Y., "A New Motion Compensation Method for Image Sequence Coding Using Hierarchical Grid Interpolation", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 4, pp. 72-85, Feb. 1994.
- [3] Kim S.H. and Park R.H., "Fast Local Motion-Compensation Algorithm for Video Sequences With Brightness Variations", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 13, No. 4, pp. 289-299, April 2003.
- [4] Konrad J., "Motion Detection and Estimation", Image and Video Processing Handbook, ch. 3.8, Academic Press, 2000.
- [5] Mahdavi-Nasab H., Kasaei S., "An Efficient Adaptive Interpolation Scheme for Fast Mesh-Based Motion Estimation", in Proc. IEEE ICI 2005, Bishkek, Kyrgyzstan, Sep. 26-28 2005.
- [6] Mahdavi-Nasab H., Kasaei S., "New Adaptive Interpolation Schemes for Efficient Mesh-Based Motion Estimation", Iranian Journal of Electrical & Electronic Engineering (IJEED), Vol. 1, No. 2, pp. 49-58, Sep. 2005.
- [7] Nakaya Y. and Harashima H., "Motion Compensation based on Spatial Transformations", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 4, pp. 339-356, June 1994.
- [8] Nosratinia A., "New Kernels for Fast Mesh-Based Motion Estimation", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 11, pp. 40-51, Jan. 2001.
- [9] Sikora T., "The MPEG4 Video Standard Verification Model", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 7, pp. 19-31, Feb. 1997.
- [10] Stiller C., Konrad J., "Estimating Motion in Image Sequences", IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 16, No. 4, pp. 70-91, July 1999.
- [11] Tekalp A.M., Digital video processing, Prentice-Hall, 1995.
- [12] Wang Y. and Osterman J., "Evaluation of Mesh-Based Motion Estimation in H-263 Like Coders", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 8, pp. 243-252, June 1998.
- [13] Wedi T. and Musmann H.G., "Motion and Aliasing Compensated Prediction for Hybrid Video Coding", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 13, pp. 577-586, July 2003.
- [14] Wiegand T., Sullivan G., Bjontegaard G. and Luthra A., "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 13, pp. 560-576, July 2003.

رزومه



در سال ۱۳۶۷ در مقطع کارشناسی مهندسی برق-الکترونیک و در سال ۱۳۷۲ در مقطع کارشناسی ارشد مهندسی برق-مخابرات با رتبه ممتاز از دانشگاه صنعتی اصفهان فارغ التحصیل شده و از همان سال به تدریس و تحقیق در دانشگاه آزاد اسلامی مشغول بوده است. در سال ۱۳۸۴ از رساله دکتری خود در موضوع تخمین حرکت در فشرده سازی ویدئو در واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی دفاع کرده است. وی علاقه‌مند به تحقیق در زمینه‌های پردازش و فشرده‌سازی سیگنال‌های چند بعدی تصویر ویدئو و سیستم‌های هوشمند عصبی و فازی است و چندین مقاله با این عناوین در کنفرانس‌های ملی و بین‌المللی و مجلات علمی و پژوهشی به چاپ رسانده است.